

УДК 531.383

Зубарський Д.О., студент гр. ПГ-61, асистент, Сапегін О.М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

МІКРОМЕХАНІЧНИЙ ГІРОСКОП RR-ТИПУ

Анотація. Розроблено конструкцію мікромеханічного гіроскопу RR-типу у середовищі автоматичного проектування SolidWorks. Проведено вибір матеріалу, розраховано конструктивні параметри чутливого елемента.

Ключові слова: мікромеханічний гіроскоп, жорсткість, тривимірна модель.

ВСТУП

Розробка перспективних систем навігації й керування рухом об'єктів різного призначення пов'язана з мініатюризацією систем, зниження їхньої вартості, енергоспоживання й експлуатаційних витрат.

Мініатюризація навігаційних систем вимагає створення малогабаритних гіроскопічних датчиків. Пошук нових можливостей створення інерційних датчиків з необхідними характеристиками й прогрес в області мікроелектроніки привели до появи нового класу приладів – мікромеханічних гіроскопів (ММГ). У цей час питання створення й використання ММГ привертає все більшу увагу розроблювачів і споживачів малогабаритних датчиків параметрів руху.

Сучасні ММГ значно уступають по точності традиційним електромеханічним гіроскопам, але перевищують їх по масо-габаритних характеристикам, показникам собівартості й енергоспоживання. Розроблювані зразки ММГ характеризуються надмалими масою (частки грамів) і габаритами (одиниці міліметрів), низькою собівартістю (десятки USD на одну вісь вимірів) і енергоспоживанням, високою стійкістю до механічного (ударні впливи до 105g) і теплового впливу (від -40 до +85) і достатньою точністю.

Істотне зниження масо-габаритних, вартісних і енергетичних характеристик відкриває нові шляхи використання ММГ у цивільній і військовій областях, де раніше їх застосування було неможливо через масо- габаритні обмеження або з економічних міркувань.

Серед можливих областей застосування ММГ як датчики параметрів руху можна назвати: автомобільна промисловість, навігаційне устаткування й військова техніка, робототехніка, медицина, товари широкого вжитку[1—3].

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МІКРОМЕХАНІЧНОГО ГІРОСКОПА

Конфігурація ЧЕ гіроскопа показана на рис.1. Вона включає в себе ротор 1, недеформовані 2 і деформуються 3, 4 елементи підвісу з анкером 5, витравлена в кремнієвою пластині. За допомогою анкера ЧЕ з'єднаний з підкладкою (корпусом), на якій розташовані електроди ємнісного перетворювача переміщень, датчика сили контуру компенсації моментів сил інерції Коріоліса, а також статорні елементи гребінчастих структур електростатичного приводу. останні спільно з роторними структурами, розташованими на роторі, створюють вібраційний крутний момент навколо осі Z.

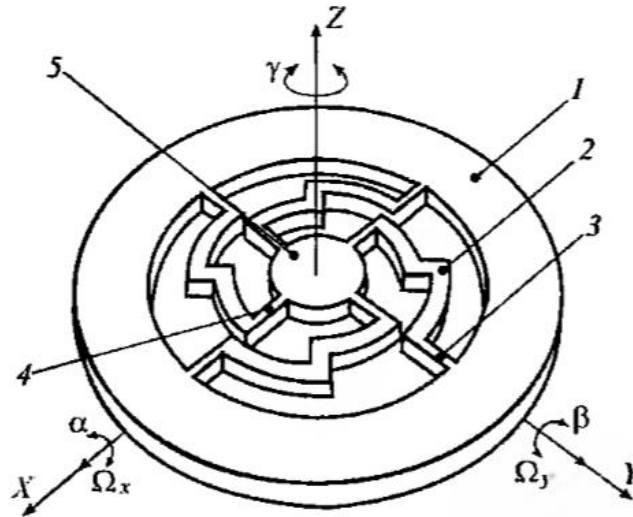


Рис. 1. Схема ЧЕ роторного МГ:

Дві пари пружних елементів 3 забезпечують з'єднання ротора з недеформованими елементами 2, які передбачаються абсолютно жорсткими, а дві пари пружних елементів 4 здійснюють з'єднання елементів підвісу 2 з анкером 5.

При повороті ротора навколо осі X всі пружні елементи, розташовані в площині, працюють на кручення, а розміщені вздовж осі Y - на вигин. При повороті ротора вздовж осі Y пружні елементи працюють однаково. При розворотах ротора навколо осі Z всі пружні елементи піддаються деформації вигину.

На рис. 2 представлено тривимірну модель гіроскопа, розроблену у середовищі SolidWorks.

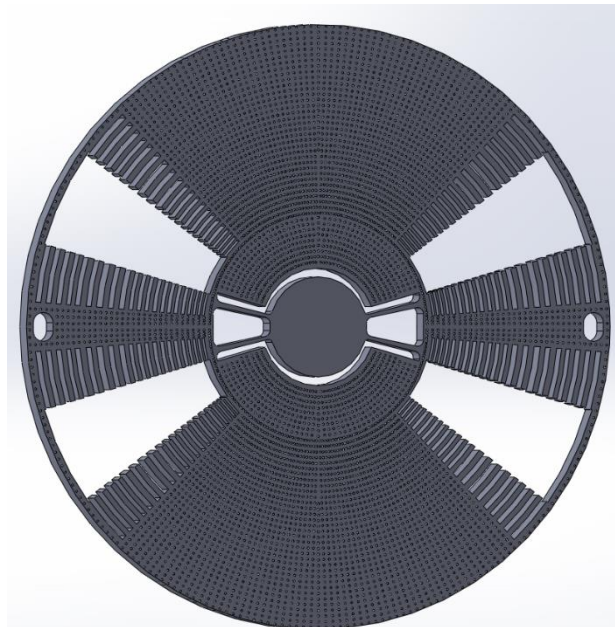


Рис.2 Мікромеханічний гіроскоп RR-типу

На основі розробленої конструкції було розраховано основні конструктивні параметри гіроскопу.

Мікроструктура витравлена з кремнієвої пластини на площині (100). Параметри кремнію: $E_{(100)} = 1,295 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$; $G_{(100)} = 0,79 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$; Ротор має параметри: $m = 2 \cdot 10^{-7} \text{ кг}$; осьовий момент інерції $C_1 = 2,5 \cdot 10^{-13} \text{ кг м}^2$; екваторіальні

моменти: $J_x \approx J_y = A_1 = 10^{-13} \text{ кгм}^2$. Ротор та пружні елементи (торсіони) підвісу мають товщину $c_n = 127,19 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, а ширина та довжина торсіонів відповідно, м: $b_{n1} = 127,19 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $l_{T1} = 297,45 \cdot 10^{-3}$, $b_{n2} = 127,19 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $l_{T2} = 297,45 \cdot 10^{-3}$.

Жорсткість кожного елемента та частота власних коливань:

$$G_\gamma = 2278,13 \cdot 10^5 \text{ Н/м}; \omega_{\gamma 0} = 3,019 \cdot 10^{10} \text{ Гц}.$$

Жорсткість на кручення торсіонів:

$$G_{\text{кр } x} = 13,9 \cdot 10^6 \text{ Н*м}, G_{\text{кр } y} = 1778,2 \text{ Н*м}.$$

Для руху у РЧ по будь-якій з координат α або β , при цьому ці два торсіони працюють на вигин:

$$G_\alpha = 1139,4 \cdot 10^{10} \text{ Н*м}; \omega_{\alpha 0} \approx 1,0674 \cdot 10^{13} \text{ Гц};$$

$$G_\beta = 1139,4 \cdot 10^{10} \text{ Н*м}; \omega_{\beta 0} \approx 1,0674 \cdot 10^8 \text{ Гц}.$$

ВИСНОВКИ

Розроблена тривимірна модель мікромеханічного гіроскопу RR - типу дозволила провести розрахунок та аналіз конструктивних параметрів чутливого елемента.

Отримані результати дозволяють проводити подальші роботи по проектуванню гіроскопа.

Розраховані параметри планується використати при синтезі імітаційної моделі ММГ у середовищі Matlab. Це дозволить створити адекватну та точну програмну модель для всебічного дослідження динаміки мікромеханічного гіроскопа RR-типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Распопов В.Я. Микромеханические приборы / Распопов В.Я. – 2007. – 400 с.
- [2] С. С. Сысоева, “Тенденции рынка High-end МЭМС-датчиков инерции. Новые уровни характеристик и исполнения,” Компоненты и технологии, по. 6, pp. 40–46, 2014
- [3] А. Н. Сапегин and М. В. Норенко, “Бесплатформенная инерциальная навигационная система на основе прецизионных микромеханических датчиков,” in Материалы 9-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение», 2016, pp. 120–122.

Наук. Керівник – асистент Сапегін О.М.